

El tamaño del fruto en los cítricos

Agustí M¹, Mesejo C², Reig C², Martínez-Fuentes A³, Zaragoza S⁴, Primo-Millo E⁵

¹Catedrático de Universidad, Instituto Agroforestal Mediterráneo (IAM), Universitat Politècnica de València (UPV).

²Profesor Titular de Universidad, IAM-UPV.

³Técnico Superior de Apoyo a la Investigación, IAM-UPV.

⁴Ex Investigador del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA).

⁵Ex Profesor de Investigación del IVIA.

INTRODUCCIÓN

1.1. Importancia del tamaño del fruto

En los cítricos, el tamaño del fruto es un factor de calidad y está legalmente regulado. Las Normas de Calidad que rigen para estos frutos están legisladas por Orden Ministerial desde 1981 (BOE 238, de 5 de octubre de 1981), ampliada posteriormente en disposiciones complementarias (BOE 175, de 23 de julio de 1984), todo ello para regular su comercio exterior. En ellas se establece desde la forma de los frutos hasta su coloración, contenido en zumo, defectos, desverdizado, tolerancias, etiquetado, empaquetado, etc., y el tamaño del fruto. Éste se define como el diámetro máximo de su sección ecuatorial, y se clasifica en una escala numérica de calibres, por rangos, que establecen el máximo y el mínimo dentro de cada uno de ellos. La numeración y su correspondencia con dichos rangos es variable con las especies y variedades, y el diámetro mínimo exigible para su comercialización, también. Así, pues, no se permite comercializar pomelos de $\varnothing < 70$ mm, naranjas navel $\varnothing < 52$ mm, otras naranjas $\varnothing < 58$ mm, limones $\varnothing < 45$ mm, Satsumas e híbridos $\varnothing < 50$ mm, y clementinas $\varnothing < 43$ mm.

El mercado, por otra parte, se ha encargado de establecer los calibres más apreciados para cada variedad y,

en general, demanda aquellos que se establecen en los rangos medios del tamaño característico de cada una de ellas. Los más grandes son menos demandados porque los frutos suelen ser más rugosos y menos jugosos, y los más pequeños por su dificultad de manejo y pelado. El problema en este sentido lo suelen presentar las mandarinas e híbridos, sobre todo algunas variedades de mandarina clementina, que, siendo muy demandadas por su extraordinaria calidad intrínseca, sobre todo sabor, dulzor y facilidad de pelado, tienen dificultad para alcanzar los calibres exigidos por el consumidor. O lo que es lo mismo, en estas variedades los destríos para satisfacerlo son elevados. Tal es el caso, por ejemplo, de la Oronules y sus mutaciones, Clemenules, Fortune, y en algunos casos la Nova y la Satsuma Owari. Algunas variedades de naranjo dulce, como las navel tardías y la Valencia, también sufren este problema, aunque menos intensamente.

En estos casos, se hace necesario mejorar el tamaño medio del fruto hasta obtener la mayor cantidad posible dentro de los calibres más demandados y reducir, al mismo tiempo, los destríos por este concepto.

1.2. Crecimiento del fruto

Los frutos cítricos crecen siguiendo una curva sigmoide que se divide en tres fases: en la primera el

crecimiento es exponencial porque obedece a un aumento del número de células que consigue por la división de las existentes, la segunda es lineal ya que lo que aumenta es el volumen de las células sin que éstas aumenten en número, y en la tercera cesa el crecimiento y el fruto cambia de color y madura. El número de células que se producen durante la primera fase es el que determina, en última instancia, el tamaño final del fruto, pero en valor absoluto más del 80% de éste se consigue durante la segunda fase y es más fácil incidir sobre ésta que sobre la de división celular. Bajo un punto de vista práctico, la corteza crece más durante la primera fase, mientras que la pulpa lo hace en la segunda.

El conocimiento de esta evolución del crecimiento tiene, también, un valor agronómico de importancia. Así, durante la primera fase del crecimiento se produce el cuajado del fruto. Este proceso, contemplado para una sola flor, significa que su ovario inicia el crecimiento tras desprenderse del resto de órganos excepto el disco nectarífero y el cáliz, y para el árbol completo el mantenimiento de los ovarios que siguen creciendo, ya que los que, por razones diversas, dejan de hacerlo, se desprenden, lo que se denominada caída fisiológica de frutos o "porgà". Durante la segunda tiene lugar, por tanto, el crecimiento propiamente dicho, de modo que

los frutos que quedan inician la fase lineal y ya no se desprenden del árbol, determinando, por tanto, la cosecha.

La cuantía de la cosecha de un árbol es el producto del número de frutos que alcanza la madurez, determinado en la primera fase, por el peso individual que alcanza cada uno de ellos, determinado en la segunda fase. Favorecer el desarrollo en la primera implica aumentar el número de frutos cosechados, favorecerlo en la segunda conlleva el aumento de su tamaño.

2. DE QUÉ DEPENDE EL TAMAÑO DEL FRUTO

2.1. Factores ambientales

2.1.1. Temperatura y HR

La zona de cultivo influye sobre la tasa de crecimiento del fruto que es función, en gran medida, de la temperatura y HR durante cada fase de su desarrollo [1].

Estudios con la mandarina Satsuma han demostrado que cuanto más bajo es el régimen térmico día/noche más pequeños son los frutos, y sugieren que es la temperatura nocturna, más que la diurna, la que controla el tamaño del fruto. También indican que el mayor tamaño se adquiere para un rango térmico de 20-25°C, y que cuando la temperatura supera los 30°C el crecimiento del fruto se reduce, lo que se ha relacionado con alteraciones fotosintéticas y, por tanto, con el aporte de carbohidratos al fruto. Esta dependencia térmica correlaciona positivamente, siempre que el agua y los nutrientes no sean limitantes.

En la Comunidad Valenciana, cuando en verano tienen lugar periodos de elevadas temperaturas, y en combinación con HR bajas, se produce una elevada evapotranspiración que, a su vez, provoca el cierre de los estomas, reduciendo la asimilación neta de CO₂ y, con ello, una reducción de aporte de carbohidratos al fruto y de su tasa de crecimiento. Cuando

esto ocurre a principios de otoño, dificulta el crecimiento del fruto y, con ello, la consolidación del tamaño final característico de cada variedad. Temperaturas inferiores a 5°C en este periodo del año, ejercen un efecto depresivo muy importante en el crecimiento del fruto. Por otra parte, se sitúa, climáticamente, dentro del grupo de regiones denominadas semiáridas, de Clima Mediterráneo, caracterizadas por tener una HR baja a lo largo del periodo de desarrollo del fruto, y estar expuestas a vientos secos e intensos que pueden reducir el desarrollo vegetativo. Valores de HR consistentemente bajos reducen la tasa de crecimiento, habiéndose establecido como nivel crítico una HR del 37%.

Así se explica, por tanto, que bajo condiciones de Clima Mediterráneo el ritmo de crecimiento del fruto sea lento y dependa de los cambios térmicos estacionales, mientras que en las regiones tropicales crezca casi ininterrumpidamente durante todo su ciclo de desarrollo, resultando en un continuo aumento de su volumen y una reducción en el tiempo requerido para alcanzar la maduración.

La temperatura y la HR también influyen sobre la forma del fruto. Altas temperaturas durante la fase del cuajado deforman los frutos que, frecuentemente, acaban teniendo el extremo peduncular aperado. Y los climas fríos y húmedos inducen la formación de frutos aplanados.

2.1.2. Lluvia

La disponibilidad de agua es un factor de la mayor importancia en la determinación del tamaño final del fruto. De hecho, el fruto es un órgano de almacenamiento de agua y su tamaño depende directamente del volumen de ésta que es capaz de acumular.

Los árboles frutales sujetos a un periodo de sequía durante el verano se ven afectados por un drástico descenso de la apertura estomática y la transpiración, que puede provocar hasta la inhibición de la fotosíntesis, con la consiguiente reducción del

aporte de carbohidratos al fruto y el cese de su crecimiento. Cuando la sequía se supera, el fruto reinicia el crecimiento, pero el retraso puede ser irrecuperable y el fruto acabar siendo de pequeño tamaño.

Por el contrario, se ha observado repetidamente en los cítricos que las lluvias de verano, y especialmente las de otoño, que mantienen húmedos grandes volúmenes de suelo, mejoran el tamaño final del fruto.

2.1.3. Otros factores climáticos

Existen evidencias de una buena correlación entre el número de frutos pequeños por árbol y el número de días nublados a lo largo del año [2]. En algunas zonas tropicales en las que la presencia de nieblas es frecuente, el tamaño del fruto se reduce, y ello se ha relacionado con la reducción de a) la intensidad luminosa, b) la temperatura, y c) la asimilación neta de CO₂, con la consiguiente repercusión negativa sobre la fotosíntesis. Además, en estas zonas, aunque la intensidad de la luz disminuya por efecto de la niebla, la luz ultravioleta puede ser muy intensa, sobre todo en altitudes elevadas, y ello reduce el desarrollo vegetativo y causa distorsiones en las hojas, con el consiguiente efecto negativo sobre el crecimiento del fruto.

Por otra parte, el crecimiento de los frutos situados en el interior del árbol es más lento que el de los situados en el exterior. La mayor actividad fotosintética de la parte vegetativa que rodea a los frutos del exterior, más iluminada, se ha dado como razón para explicar su mayor crecimiento.

2.1.4. El suelo

En términos generales, y cuando la disponibilidad de agua no es limitante, los suelos de textura arcillosa presentan dificultad para el desarrollo de las raíces y suelen dar frutos de menor tamaño que los de textura arenosa, en los que el árbol desarrolla un potente sistema

radicular. En los suelos arenosos los frutos son más grandes, y suelen tener zumo menos denso y con una menor concentración de ácidos que en los arcillosos. Son, además, ligeramente más precoces, y poseen una piel más fina y delgada que les hace más sensibles al transporte [3].

En las condiciones edáficas de la Comunidad Valenciana, el suelo no es un problema para que los frutos puedan alcanzar el tamaño característico de cada variedad.

2.2. Factores endógenos

2.2.1. Factores genéticos y hormonales. Variedades

Los factores genéticos determinan el tamaño del fruto característico de cada especie y variedad. Algunas producen frutos de unos pocos cm de diámetro (2 - 3 cm), como es el caso de las limas ácidas, otras de decenas de cm (15 - 30 cm), como

los pummelos y el cidro.

Estas diferencias se deben a la capacidad que tiene cada especie/ variedad de sintetizar hormonas en sus ovarios. En aquellas en las que en el momento de la antesis su contenido en auxinas, giberelinas, citoquininas,... aumenta notablemente, el número de células de sus paredes también lo hace, ya que las hormonas participan en la inducción de la división celular, condicionando de este modo el tamaño del fruto. Este aumento hormonal suele ser mayor cuando existe autopolinización o polinización cruzada, y de ahí el mayor tamaño que suelen tener los frutos con semilla.

Estos efectos indican que el tamaño final del fruto queda establecido en los estados iniciales del desarrollo, aunque más tarde otros factores también pueden condicionarlo. Así, el tamaño del fruto puede variar

entre márgenes bastante amplios dentro de un mismo árbol y hasta entre árboles dentro de una misma variedad o entre años para un mismo árbol. En la medida que se conocen estos factores se puede influir en ellos para mejorar el tamaño del fruto.

2.2.2. Patrón

El tamaño y la calidad del fruto de una variedad se hallan influidos por el patrón sobre el que se injerta [4].

En general, los citrangeres dan lugar a elevadas cosechas de excelente calidad y exaltan la precocidad, particularmente el c. Carrizo. Los Forner-Alcaide F&A 5 y F&A 13 dan frutos de tamaño similar a los citrangeres, y el F&A 418 frutos de gran tamaño. El mandarino Cleopatra induce buenas producciones y de buena calidad, aunque con tendencia a producir frutos de pequeño tamaño. Otros patrones, como el



Plantas como deben ser

SAT nº 6439

Miembro de AVASA

Viveros autorizados por el Ministerio de Agricultura para la producción de plantas tolerantes a la tristeza

Disponemos de todas las variedades

■ Clementina:

Oronules, Orogrande, Clemenules, Esbal, Hernandina, Nour, Marisol, Arrufatina, Loretina®.

■ Híbridos:

Fortune, Nova, Ortanique.

■ Naranja:

Navelina, Navel, Salustiana, Newhall, Valencia-Late, Navelate, Navel - Lane-Late, Delta Seedles,

■ Pomelo:

Star-Ruby, Río Red.

■ Satsuma:

Clausellina, Okitsu, Owari.

■ Limonero:

Verna, Eureka, Fino.

■ Pies:

C. Carrizo, M. Cleopatra, Macrophylla, C. Volkameriana, Citrumelo, C-35

NOVEDADES

■ Clemenrubi.

■ Valencia Midnight.

■ Power Summer Navel.

E-mail: info@viveroscentrales.com
Web: www.viveroscentrales.com

Avda. Cataluña, 35 43530 ALCANAR (Tarragona)

Telf.: 977/ 73 11 36 Fax: 977/ 73 06 65

Citrumelo, el *C. volkameriana*, y el *C. macrophylla*, dan lugar a buenas producciones y frutos de buen tamaño, pero de inferior calidad a los otros patrones citados.

2.3. Edad del árbol

En general, los árboles jóvenes producen frutos grandes, de piel rugosa y basta, y bajo porcentaje de zumo. Este efecto, probablemente, se debe a su elevado vigor, que reduce mucho el cuajado, y los pocos frutos que producen adquieren un tamaño muy superior al que es característico para cada variedad.

Estas características se pierden con la edad del árbol, de modo que cuando alcanza su plena producción el tamaño de sus frutos tiende a normalizarse.

Finalmente, cuando el árbol envejece tiende a florecer mucho y a producir muchos frutos. Como consecuencia, se establece una elevada competencia entre ellos y ésta afecta a su desarrollo y tamaño final, que puede acabar siendo pequeño.

2.4. Floración

El número de flores que produce un árbol influye sobre el tamaño final que adquieren sus frutos. De hecho, en el momento de la caída de pétalos los ovarios de los árboles que florecen mucho pesan menos que los de los árboles que florecen poco. Como consecuencia de ello, éstos últimos suelen producir frutos moderadamente más grandes.

Este efecto indica que el tamaño del fruto está prefijado, al menos en parte, desde el momento de la floración, como ya se ha indicado anteriormente (ver apts. 1.2 y 2.2.1).

2.5. Posición del fruto. Influencia de las hojas

La presencia de hojas en el brote estimula el desarrollo del fruto a través de una mayor velocidad de crecimiento, apareciendo las primeras diferencias en el momento del cuajado y aumentando con el tiempo hasta la recolección.

En la mandarina Satsuma se han encontrado hasta 10 g de diferencia, por término medio, a favor de los frutos procedentes de brotes campaneros respecto de los procedentes de flores solitarias.

Esto indica que, en el proceso de desarrollo del fruto, las hojas jóvenes adquieren un papel esencial. Y puesto que éstas son fuente de carbohidratos, cuanto mayor es la superficie foliar de un árbol, mayor es el tamaño de sus frutos, y viceversa; experimentalmente se ha comprobado que la defoliación de un árbol de mandarina Satsuma en julio redujo en dos calibres (6 mm) el tamaño de sus frutos.

Sin embargo, durante un mes, aproximadamente, después de la antesis, las hojas actúan como órganos competidores de los frutos ya que mientras crecen actúan como sumidero y solo en su transición a hojas maduras alcanzan, paralelamente, su papel de fuente de carbohidratos [5]. Es a partir de este momento cuando los frutos situados en brotes con hojas jóvenes crecen en ventaja respecto de los situados en brotes sin hojas.

2.6. Número de frutos

En los cítricos, como en otras especies frutales, el tamaño individual del fruto está inversamente relacionado con el número de frutos por árbol. Esta relación es una función curvilínea (potencial) (Figura 1), de modo que sólo cuando el número de frutos es inferior a un determinado nivel, distinto según la variedad, la pendiente es muy elevada y condiciona su tamaño, y una pequeña variación en el número de frutos provoca un aumento significativo de su tamaño. Por el contrario, para un número elevado de frutos su tamaño

apenas cambia aún para grandes diferencias en el número de frutos por árbol [6].

Este fenómeno se atribuye a la competencia por fotoasimilados y elementos minerales de los ovarios desde la floración hasta el final del crecimiento de los frutos, y es tanto más intensa cuanto mayor es el número de ellos. Como la reducción de nutrientes restringe el crecimiento del fruto, la competencia por ellos entre los frutos en desarrollo limita su tamaño final.

2.7. El cultivo

2.7.1. Riego

La humedad del suelo constituye un factor esencial en la determinación del tamaño final del fruto (ver apt. 2.1.2), y éste se ve reducido los años de sequía. En ellos, el riego consigue paliar los efectos de la escasez de agua, aunque nunca alcanza la eficacia de las lluvias propias de los años húmedos.

Pero en la Cuenca Mediterránea, aún en regímenes de pluviometría anual óptimos de la zona, si la frecuencia y el caudal de riego no son los adecuados el tamaño final del fruto queda negativamente afectado.

Experimentos con Washington navel y Valencia [7] indican que si se retrasa un riego hasta el punto de que el fruto deja de crecer, la recuperación posterior del

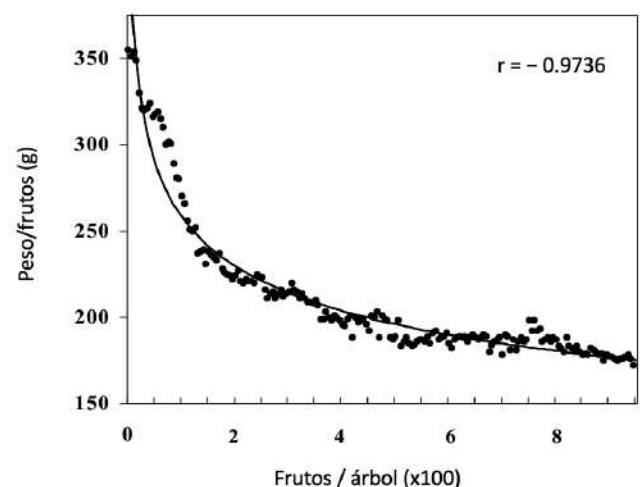


Figura 1. Relación entre el número de frutos por árbol y su tamaño individual en el naranjo dulce 'Navelina'.

crecimiento es insuficiente para alcanzar el tamaño final propio de la variedad. Y en relación al aporte total de agua, si éste es insuficiente a lo largo del periodo de crecimiento del fruto, los árboles se adaptan a ello, reduciendo el uso del agua y el tamaño del fruto. Y esta adaptación es mejor o peor dependiendo de la HR y la temperatura ambiente. Si no hay déficit de agua, es decir, si los riegos no se retrasan y el aporte total es suficiente, el tamaño del fruto se ve influido por variaciones de la HR, y la influencia de la temperatura ambiente sobre su tamaño final es menor.

2.7.2. Poda

Entre los beneficios de la poda está la regulación del tamaño del fruto. Este efecto se debe a la reducción de la competencia entre frutos en desarrollo, al eliminar parte de los que se encuentran en ramas débiles y no pueden alcanzar un tamaño óptimo.

Por otra parte, los árboles débiles se caracterizan por la ausencia de nuevas brotaciones o una superficie foliar insuficiente. Estos árboles, que poseen suficiente N pero que producen pocos carbohidratos, se desarrollan vegetativamente a expensas del número de frutos y/o de su tamaño, y para restituir su producción y la calidad de sus frutos requieren de una poda que produzca brotaciones vigorosas y aumente la superficie foliar y el número de brotes florales con hojas.

La poda también mejora la iluminación de amplios volúmenes del interior de la copa, y la luz es un factor importante en la determinación del tamaño final del fruto (ver apt. 2.1.3).

En nuestras condiciones de cultivo, la mejor época para realizar la poda con este fin se ha establecido en los meses de julio y agosto. En la mandarina Satsuma Clausellina, en la que se realizaron los experimentos para determinarla, el incremento del tamaño del fruto fue de unos 2 mm. Este aumento no consiguió

compensar la reducción del número de frutos, pero sí mejoró económicamente la cosecha [8].

2.7.3. Fertilización

La influencia de los elementos minerales sobre el tamaño y la calidad del fruto es muy variable, y depende marcadamente del elemento mineral en cuestión, así como de la época en que puedan manifestarse sus desequilibrios [9, 10, 11].

Las deficiencias en magnesio, hierro y cinc reducen el tamaño final del fruto, y su corrección, cuando existen, es requisito previo para la obtención de un fruto de calidad. Sin embargo, y aunque en general la corrección de situaciones carenciales se traduce siempre en un estímulo del crecimiento del fruto, una vez alcanzada la concentración foliar adecuada, la aportación adicional de un nutriente al medio no tiene ningún efecto favorable y puede llegar a tenerlos desfavorables, caso del nitrógeno cuyo exceso provoca pérdida de calidad del fruto [12, 13].

Y el efecto contrario también se da. Así una fertilización nitrogenada abundante tiende a aumentar el número de frutos que cuajan, y éstos, en consecuencia, son de reducido tamaño [9].

Una excepción al respecto la constituye el potasio. El contenido foliar en este elemento se ha correlacionado positivamente con el tamaño final del fruto, de modo que concentraciones foliares moderadamente superiores a las consideradas óptimas mejoran ligeramente el tamaño del fruto sin afectar negativamente su calidad. Aplicaciones de nitrato potásico, a concentraciones del 2% o superiores, durante el verano, se han mostrado eficaces, pero tratamientos en plena floración, si bien estimulan el desarrollo inicial del fruto, dan lugar a efectos transitorios y no modifican su tamaño.

Finalmente, el fraccionamiento de la fertilización mejora el desarrollo

y el tamaño del fruto frente a aportaciones puntuales [14].

2.7.4. Tratamientos para el cuajado

En algunas variedades de baja capacidad de cuajado la aplicación de tratamientos específicos se hace imprescindible. El ácido giberélico (AG), el rayado de ramas o la combinación de ambos, consiguen elevar el número de frutos hasta dar cosechas económicamente rentables. Pero como se ha dicho más arriba (ver apt. 2.6), este aumento del número de frutos reduce su tamaño, tanto más, cuantos más frutos cuajan. La combinación de ambas técnicas es notablemente eficaz en el aumento del número de frutos cosechados, pero también en la reducción de su tamaño.

En este sentido, por tanto, hay que ser precavidos y no realizar tratamientos innecesarios para el cuajado en aquellas variedades que no lo precisan, ni elevar la concentración de AG más allá de la recomendada, porque el resultado puede ser un aumento del número de frutos en detrimento de su tamaño.

2.7.5. Control fitosanitario

En general, aquellas plagas o enfermedades que afectan al desarrollo y/o funcionalidad de las hojas tienen un efecto negativo sobre el tamaño final del fruto.

El minador de las hojas, que afecta, sobre todo, a las hojas jóvenes de todas las especies, escavando galerías, el ácaro rojo (*Panonychus citri*), que se alimenta de la clorofila de las hojas adultas, sobre todo de los naranjos navel, la araña roja (*Tetranychus urticae*), que realiza su puesta en el envés de las hojas adultas de limonero y, sobre todo, de Clementino, decolorándolas y llegando a provocar su caída, los pulgones, que se alimentan del fluido floemático del nervio principal de las hojas jóvenes y provocan su enrollamiento, la mosca blanca, que realiza su puesta en el envés de las hojas adultas acompañada de melaza y secreciones cerosas

y algodonosas, ... son ejemplos de plagas que pueden afectar directa o indirectamente el tamaño final del fruto.

La negrilla, que se desarrolla sobre daños previos ocasionados por plagas, sobre todo mosca blanca, cubre la superficie de la hoja (y a veces el fruto) de una capa negra que impide la actividad fotosintética, y aunque su efecto es indirecto, es la enfermedad más importante de entre las que afectan al tamaño final del fruto.

3. TÉCNICAS PARA AUMENTAR EL TAMAÑO DEL FRUTO

3.1. Aclareo de frutos

La reducción del número de frutos, o aclareo, tanto manual como químico, es una de las técnicas más empleadas en todo el mundo para aumentar su tamaño final en diversas especies frutícolas.

3.1.1. Aclareo manual

El aclareo manual consiste en eliminar manualmente una parte de los frutos en desarrollo para favorecer el crecimiento de los que quedan.

3.1.1.1. Aclareo al azar

La eficacia del aclareo manual al azar depende de la época en que se realice y de su intensidad.

Experimentos realizados con la mandarina Satsuma Clausellina han demostrado que desde la caída fisiológica de frutos (junio) hasta etapas próximas al cambio de color (septiembre) la respuesta es positiva. Pero los buenos resultados sólo se obtienen cuando se eliminan más del 50% de los frutos en desarrollo. Para un aclareo del 33% el aumento medio del diámetro del fruto apenas alcanzó 1.5 mm en los experimentos citados, mientras que cuando se eliminó el 66% al final de la caída fisiológica de frutos fue de casi 3 mm (Figura 2) [8].

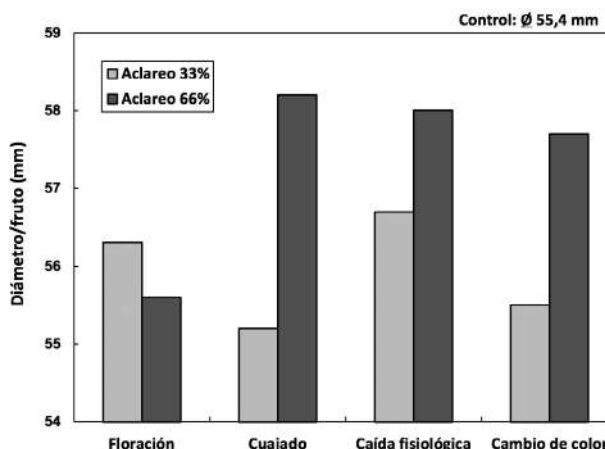


Figura 2. Influencia de la época de aclareo y su intensidad sobre el tamaño final del fruto de la mandarina 'Clausellina' [8].

La principal dificultad que presenta esta técnica es la reducción de la cosecha que supone eliminar una cantidad tan elevada de frutos. A ello hay que unir el elevado coste de mano de obra.

3.1.1.2. Aclareo selectivo

Otro modo de realizar el aclareo es seleccionando los frutos que se quieren eliminar. En este caso, el objetivo es quitar a) los más pequeños y/o b) aquellos que presentan mermas de su calidad por diferentes causas, tanto bióticas como abióticas. Este tipo de aclareo se suele retrasar hasta bien entrada la segunda fase de crecimiento del fruto, cuando la elección del fruto a descartar no ofrece dificultad.

Como, por lo general, este aclareo suele ser poco intenso y se lleva a cabo en una etapa muy avanzada del desarrollo, su estímulo sobre el crecimiento de los frutos que quedan en el árbol es apenas perceptible, pero como los que quedan son los más grandes, el tamaño medio de los cosechados aumenta.

Este tipo de aclareo presenta otras ventajas: 1) la reducción de la cosecha es menor que con el aclareo al azar y generalmente aceptable bajo el punto de vista comercial, 2) se reducen los costes de selección en el almacén, y 3) al recolectar frutos de mejor calibre y sin alteraciones, la calidad de la cosecha mejora significativamente.

Al igual que con el aclareo al azar, los costes de mano de obra son la

principal objeción a esta técnica, por lo que el aclareo manual se suele llevar a cabo sólo en las variedades más apreciadas comercialmente y que, con ello, le reportan mayores beneficios al productor.

3.1.2. Aclareo químico

El aclareo químico de frutos también se ha utilizado para aumentar su tamaño final. El ácido naftalenacético (ANA), ethephon, MCPA, etilclozate (Figaron), son algunas de las sustancias que se han utilizado en el mundo con este fin, pero en la UE no está registrado su uso en los cítricos. Actualmente solamente el éster 2-etilhexil del 2,4-DP (ácido 2,4-diclorofenoxipropiónico) (Clementgros Plus®) y el ácido libre del 3,5,6-TPA (ácido 3,5,6-tricloro-*v*2-piridiloxiacético) (Maxim®) pueden utilizarse.

La eficacia de estas sustancias depende críticamente del momento del tratamiento. Su aplicación en fases precoces del desarrollo del fruto, esto es, durante su caída fisiológica, provoca la caída de un elevado número de frutos, con el consiguiente incremento de su tamaño. También en este caso, para que el tratamiento sea eficaz ha de afectar, al menos, a los 2/3 de los frutos del árbol, lo que conlleva una reducción de cosecha. Cuando se aplican una vez superada dicha caída fisiológica, su eficacia es muy limitada [15].

El resultado también depende de la concentración que se aplique. El 2,4-DP tiene un efecto óptimo para

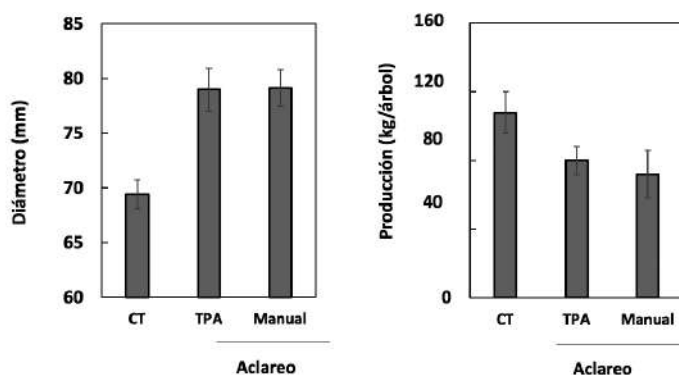


Figura 3. Efecto de la aplicación de 3,5,6-TPA (15 mg l^{-1}) sobre el diámetro del fruto y la producción del naranjo dulce Navelina. Tratamientos efectuados cuando el fruto tenía 11 mm de diámetro. Comparación con el aclareo manual. Cada valor es la media de 10 árboles por tratamiento.

25 mg l^{-1} , y el 3,5,6-TPA para 15 mg l^{-1} . El resultado final es una reducción del porcentaje de frutos de calibre más pequeño, pero apenas aumenta el de los frutos más grandes. Por tanto, su efecto es similar al explicado para el aclareo manual. En un experimento con naranjo dulce Navelina, la aplicación de 15 mg l^{-1} de 3,5,6-TPA cuando los frutos tenían un diámetro de 11 mm aclaró el 50% de los frutos, lo que supuso un aumento del 15% del diámetro medio (15 mm) de los que permanecieron en el árbol y una reducción de la cosecha entre el 25% y el 30% (Figura 3). El

resultado fue similar al del aclareo manual para un número equivalente de frutos eliminados[15].

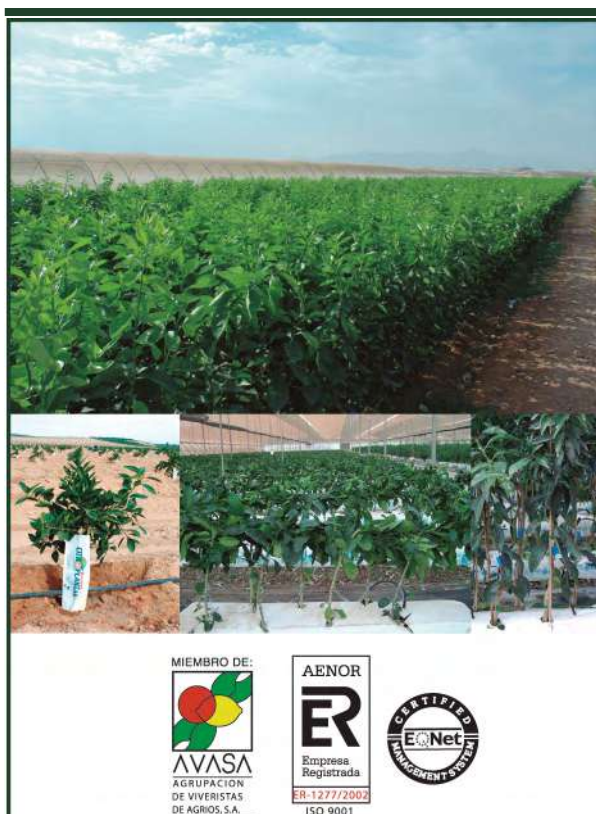
La acción de estas auxinas, cuando se aplican en la época señalada, es a través de un desorden fotosintético que conlleva una reducción de la síntesis de carbohidratos y, por tanto, de su captación por los frutos. Como consecuencia, algunos de ellos (los de crecimiento más retrasado) reducen temporalmente su tasa de crecimiento, lo que origina la síntesis de etileno y su posterior caída (aclareo). Más tarde, los frutos que

quedan reinician el crecimiento y, dado que la competencia entre ellos se ha reducido, alcanzan un tamaño mayor.

La respuesta a estos tratamientos está influida por múltiples factores, como la variedad, el estado fitosanitario de los árboles, las condiciones climáticas en el momento de la aplicación, el volumen de caldo aplicado, etc. Además, dado que el momento de la aplicación coincide con el desarrollo vegetativo de la brotación de primavera, las hojas, en proporción variable, pueden verse típicamente deformadas por la acción fitotóxica de las auxinas. Por lo tanto, el resultado (la intensidad de aclareo) suele ser variable, y hasta errático para una misma variedad y concentración aplicada, y esta es la razón por la que esta técnica está prácticamente en desuso en la Citricultura española.

3.2. Reducción de la floración

La intensidad de floración es también un factor determinante del tamaño



Plante con las mejores garantías

Viveros Citroplant, S.L., es un Vivero de cítricos, autorizado y regulado por el Ministerio de Agricultura, para la producción de plantones de cítricos sobre pies tolerantes a la tristeza e injertos libres de virus.

Estamos utilizando las más avanzadas tecnologías, con dos sistemas de cultivo, Tierra e Hidropónico para obtener la mayor calidad en nuestros plantones.

Sistema Hidropónico

Ventajas:

- Estrés al transplante menor
- Crecimiento inicial mucho mayor
- No es necesario el despunte de la planta
- Ideal para doblados y reposiciones
- Porcentaje de faltas cero o nulo

¡INNOVACIONES!!

Valencia Midnight Seedless
Powell Summer Navel®
Valencia Delta Seedless
Navel Fukumoto
Clemenrubi®
Navel Chislett
Satsuma Iwasaki

Nuestra oferta varietal comprende:

Mandarinos, Naranjos, Limoneros, Limas, Pomelos y Patrones



final del fruto [15]. Los árboles que florecen poco tienen la mayor parte de sus flores en brotes con hojas lo que, en comparación con los que florecen mucho y que tienen inflorescencias sin hojas, reduce la competencia por carbohidratos entre flores en desarrollo, por una parte, y facilita su absorción al estar próximas a las hojas, por otra. Ambos aspectos mejoran el tamaño final del fruto, y ratifican que éste se determina en las primeras fases del desarrollo.

Experimentos realizados con árboles de mandarina Clementina, con una cosecha entre 1450 y 2800 frutos, esto es, 80 y 145 kg, demostraron que diferencias de 5-7 g de peso medio entre sus frutos suponían diferencias, a su vez, de 1000 frutos por árbol, lo que significaba una reducción de cosecha entre ellos de 40 kg (de 125 a 85 kg); pero si en lugar de comparar el número de frutos entre árboles se comparaba el número de flores, el mismo aumento de peso medio del fruto se observaba entre los árboles cuya intensidad de floración difería en un 50% (de 9000 flores a 4500 flores por árbol), y sin embargo la cosecha no se modificaba significativamente (≈ 115 kg por árbol) (**Figura 4**).

Por lo tanto, reducir la floración mediante tratamientos con AG (25 mg l^{-1}) en la época de inducción floral (noviembre-diciembre) puede mejorar el tamaño final del fruto. En efecto, el tratamiento reduce el número de flores y redistribuye la brotación aumentando en número de brotes con hojas y reduciendo el de brotes sin hojas, de modo que en el momento de la antesis el peso medio de los ovarios es mayor y, en consecuencia, el peso medio final también.

Estos tratamientos deben hacerse en aquellas variedades con tendencia a florecer abundantemente en las que una inhibición parcial de la floración mantiene un número de flores suficiente para que la cosecha no se vea afectada. No obstante, en aquellas variedades con baja capacidad de cuajado la reducción

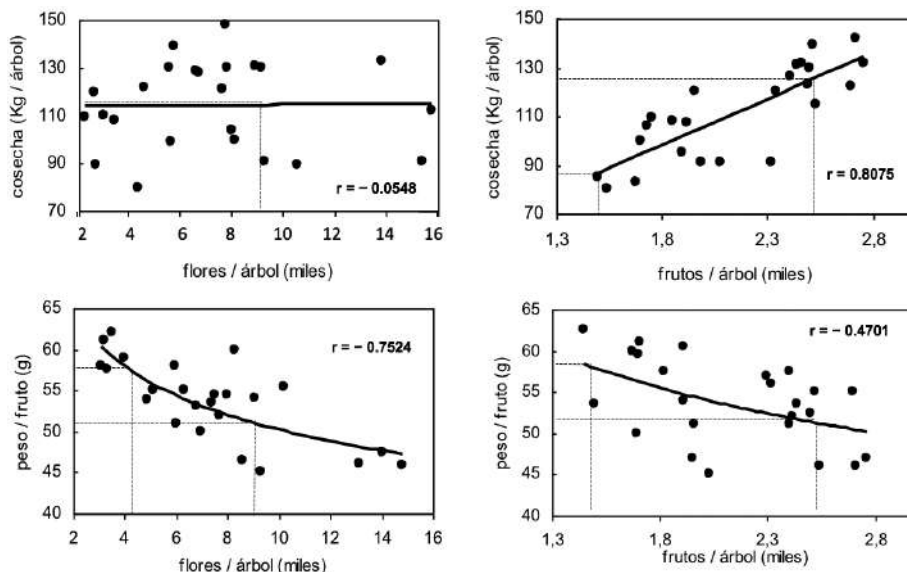


Figura 4. Relación del número de flores y de frutos con su tamaño y la cosecha, en árboles de mandarinas Clementina 'Fina' [15].

de la floración puede acarrear un incremento del mismo, y en estos casos el problema de la competencia tiende a igualarse (menos flores pero más frutos) y sus efectos sobre el tamaño del fruto también. En las variedades con tendencia a florecer poco este tratamiento no es recomendable ya que puede reducir la cosecha por debajo de la de los árboles sin tratar, debido a la reducción de la floración, dando frutos de tamaño muy elevado y de baja calidad.

3.3. Rayado de ramas

La eficacia del rayado de ramas para aumentar el tamaño final del fruto depende de la época de realización [15, 16], siendo la más adecuada una vez finalizada la caída fisiológica de frutos (a partir de principios de julio) (**Figura 5**). Un retraso en su realización disminuye su eficacia, aunque un efecto positivo se detecta hasta principios de septiembre. Un adelanto lo hace coincidir con la fase de cuajado y como el rayado desde la antesis hasta el final

de la caída fisiológica provoca un estímulo del cuajado, su ejecución en esta fase aumenta el número de frutos y, en consecuencia, reduce su tamaño final (**Figura 5**).

Se ha sugerido que el efecto del rayado se debe a la interrupción temporal del transporte floemático y la acumulación de carbohidratos y elementos minerales en la copa del árbol, por encima de las zonas de rayado. Más recientemente se ha demostrado que el efecto beneficioso del rayado de ramas se debe al estímulo de la fotosíntesis que provoca sobre las hojas de los brotes que tienen frutos [17]. En ambos casos, el rayado de

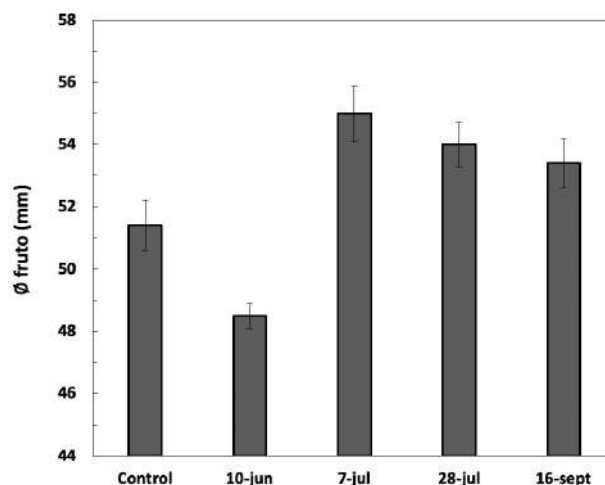


Figura 5. Influencia de la fecha de rayado de ramas sobre el tamaño final del fruto de la mandarina Satsuma. Las barras verticales indican el ES.

ramas facilita la disponibilidad de carbohidratos por el fruto en crecimiento.

La respuesta al rayado es rápida, y a los 20 días ya es posible ver sus efectos sobre el crecimiento del fruto. El estímulo, además, se produce sobre todos los frutos del árbol cuya distribución de calibres mejora comercialmente.

Este efecto del rayado es general en todas las especies y variedades estudiadas, tanto de mandarino como de naranjo e híbridos obteniéndose incrementos en el diámetro medio de los frutos rayados entre el 5% y el 8% con respecto a los controles (**Tabla 1**).

Tabla 1. Efecto del rayado de ramas al final de la caída fisiológica de frutos sobre el diámetro final del fruto de diferentes especies y variedades de cítricos. Valores en mm \pm ES.

Variedad	Control	Rayado
M. Satsuma	51.4 \pm 0.8	55.0 \pm 0.9
M. Clemenules	50.6 \pm 0.8	53.1 \pm 0.5
M. Oronules	46.5 \pm 0.6	50.1 \pm 0.7
M. Fortune	57.4 \pm 1.0	59.8 \pm 0.5
T. Nova	58.3 \pm 1.1	62.6 \pm 1.6
T. Nadorcott	61.9 \pm 1.5	64.1 \pm 1.9
N. Navelina	68.2 \pm 0.6	72.1 \pm 0.8
N. Navelate	64.1 \pm 0.3	66.8 \pm 0.6

Las características del fruto no se modifican por efecto del rayado.

En ocasiones se ha señalado la aparición, en las hojas, de síntomas de deficiencias minerales y amarillamiento de los nervios y partes próximas como consecuencia del rayado. Estos síntomas suelen estar relacionadas con una ejecución agresiva del rayado que alcanza y daña la madera (xilema). Un rayado correcto debe afectar solo a la corteza de las ramas.

El elevado coste en mano de obra constituye una importante objeción al rayado de ramas.

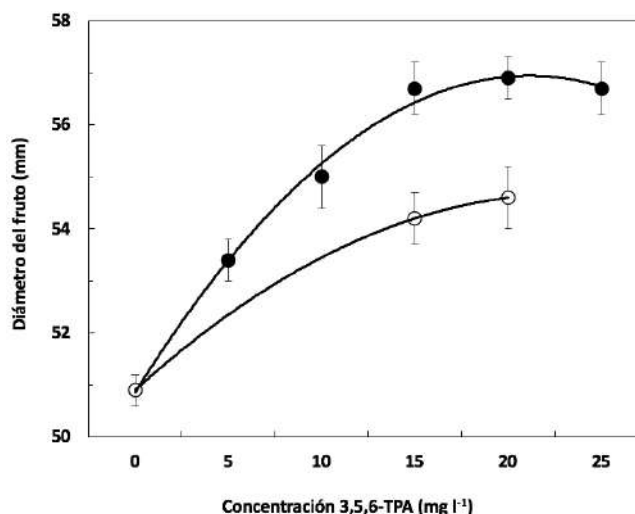


Figura 6. Influencia de la concentración y época de aplicación del 3,5,6-TPA (ácido libre) sobre el diámetro final de la mandarina Clementina 'Fina'. Tratamientos efectuados al final de la caída fisiológica de frutos (\varnothing 13,5 mm; círculos negros) ó 20 días más tarde (\varnothing 22,0 mm). Las barras verticales indican el ES.

3.4. Aplicación de auxinas de síntesis

A pesar de la relación existente entre el número de frutos y su tamaño (ver apt. 2.6), en la práctica resulta factible aumentar este último sin reducir el primero. La aplicación foliar de auxinas de síntesis permite lograr este objetivo.

La época de aplicación constituye el factor determinante de la respuesta, condicionando incluso el efecto de la concentración. Como norma general deben efectuarse las aplicaciones al final de la caída fisiológica de frutos, es decir, cuando las mandarinas tienen un diámetro entre 15 y 20 mm y las naranjas entre 25 y 30 mm [15]. Un retraso en la aplicación conlleva una reducción de su eficacia (**Figura 6**).

Pero si se anticipa, el tratamiento puede provocar una caída importante de frutos (ver apt. 3.1.2), lo que puede afectar a la cosecha. Esta sensibilidad a la caída, sin embargo, puede ser aprovechada, de modo que si se ajusta bien el momento de esta sensibilidad al tratamiento con el momento en el que la mayor parte de los frutos están en los diámetros señalados más arriba, junto al efecto directo sobre su tamaño puede lograrse la caída de los más pequeños, mejorándose notablemente el resultado. La combinación de ambos efectos hace

de este tratamiento el más eficaz para aumentar el tamaño de los frutos cítricos de aquellas variedades más necesitadas, al mismo tiempo que supone un método económico y fácil de aplicar.

Como se ha señalado más arriba, el 2,4-DP y el 3,5,6-TPA son las únicas auxinas de síntesis autorizadas para este fin en los cítricos. La primera se recomienda a una concentración de 25 mg l⁻¹, y la segunda de 15 mg l⁻¹ (**Figura 6**), añadiendo siempre un mojante a la solución. Asimismo, se aconseja aplicar, cuando se utilice un tanque a presión, un volumen de caldo de 6-8 l árbol⁻¹, dependiendo del tamaño de éste, lo que equivale a 200 – 250 l hg⁻¹ (2500 – 3000 l ha⁻¹). Cuando se utilice un turboatomizador hay que calcular la concentración para que, en función del tamaño de gota, el caudal, y la velocidad del tractor, los árboles reciban una cantidad de auxina igual a la señalada para el tratamiento con tanque a presión. De este modo, y dependiendo de la fecha de la aplicación, se obtiene un incremento del diámetro medio de los frutos entre el 5% y el 10% para el 2,4-DP y entre el 5% y el 15% para el 3,5,6-TPA, es decir, entre 4 y 7 mm por fruto, y una reducción importante del destrío.

La respuesta a estas sustancias depende marcadamente de la

especie, obteniéndose mejores resultados en las mandarinas que en las naranjas y limones. En realidad, los incrementos en volumen del fruto son similares, pero en las naranjas, por ejemplo, que tienen los frutos más grandes, la traducción de éste en términos de incremento de

diámetro del fruto aparenta un efecto menor que en las mandarinas.

En experimentos con mandarina Clemenules, la aplicación de 3,5,6-TPA al final de la caída fisiológica, cuando los frutos tenían un diámetro de 17.4 mm, aumentó el tamaño

medio de los frutos recolectados de 50.6 a 56.7 mm, pero la aplicación 20 días más tarde, cuando el diámetro de los frutos era de 24 mm, el incremento sólo fue de 50.6 a 53.6 mm. El volumen de zumo aumentó, sin alterar su porcentaje respecto del peso del fruto. La acidez y el contenido en sólidos solubles no se modificaron, y tampoco se detectaron cambios en la corteza (Tabla 2).

En el limonero Fino, la aplicación de 10 mg l⁻¹ de 3,5,6-TPA cuando el fruto

Tabla 2. Efecto de la concentración de 3,5,6-TPA sobre las características de la cosecha y del fruto recolectado del mandarino Clemenules/ c. Carrizo. El tratamiento se realizó al final de la caída fisiológica de frutos (Ø18.5 ± 0.2 mm).

Cosecha			Características del fruto			
Conc. (mg l ⁻¹)	Kg/árbol	P/fruto (g)	Corteza (mm)	Zumo (%)	Acidez (%)	SST (°Brix)
0	80	50.6	3.9	48.6	1.28	13.6
10	84	61.8	4.0	50.9	1.29	13.7
15	88	63.7	3.8	51.8	1.28	13.9
20	72	65.1	3.9	50.6	1.28	13.6

Tabla 3. Efecto de la concentración de 3,5,6-TPA sobre las características de la cosecha y del fruto recolectado del limonero Fino/C. macrophylla. El tratamiento se realizó al final de la caída fisiológica de frutos (Ø17.3 ± 0.2 mm). Tomado de García-Lidón et al., 1993.

Cosecha			Características del fruto			
Conc. (mg l ⁻¹)	Kg/árbol	P/fruto (g)	1ª Recol. (%)	Corteza (mm)	Zumo (%)	Acidez (g/l)
0	103	134.1	28.5	6.7	31.4	64.2
10	90	161.5	61.1	7.2	28.4	60.9
20	61	207.7	73.8	7.3	28.1	57.8
30	60	212.7	73.3	7.3	27.3	57.5

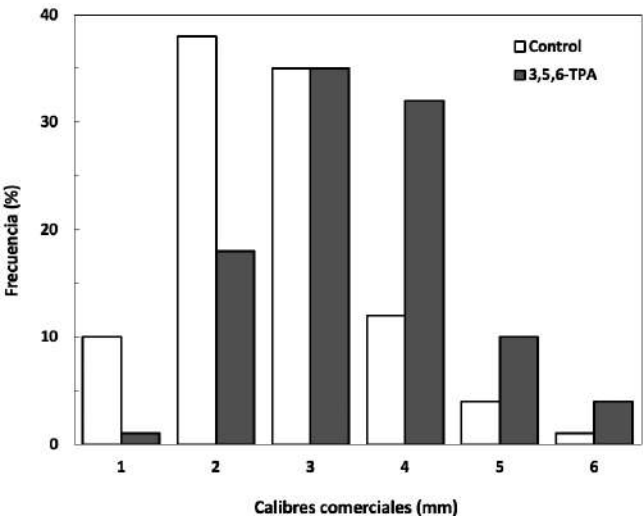


Figura 7. Distribución de los diámetros comerciales de los frutos de árboles de mandarina ‘Oronules’ tratados con 3,5,6-TPA (15 mg/l) y sin tratar. El tratamiento se realizó finalizada la caída fisiológica de frutos y no se observó aclareo químico de frutos.

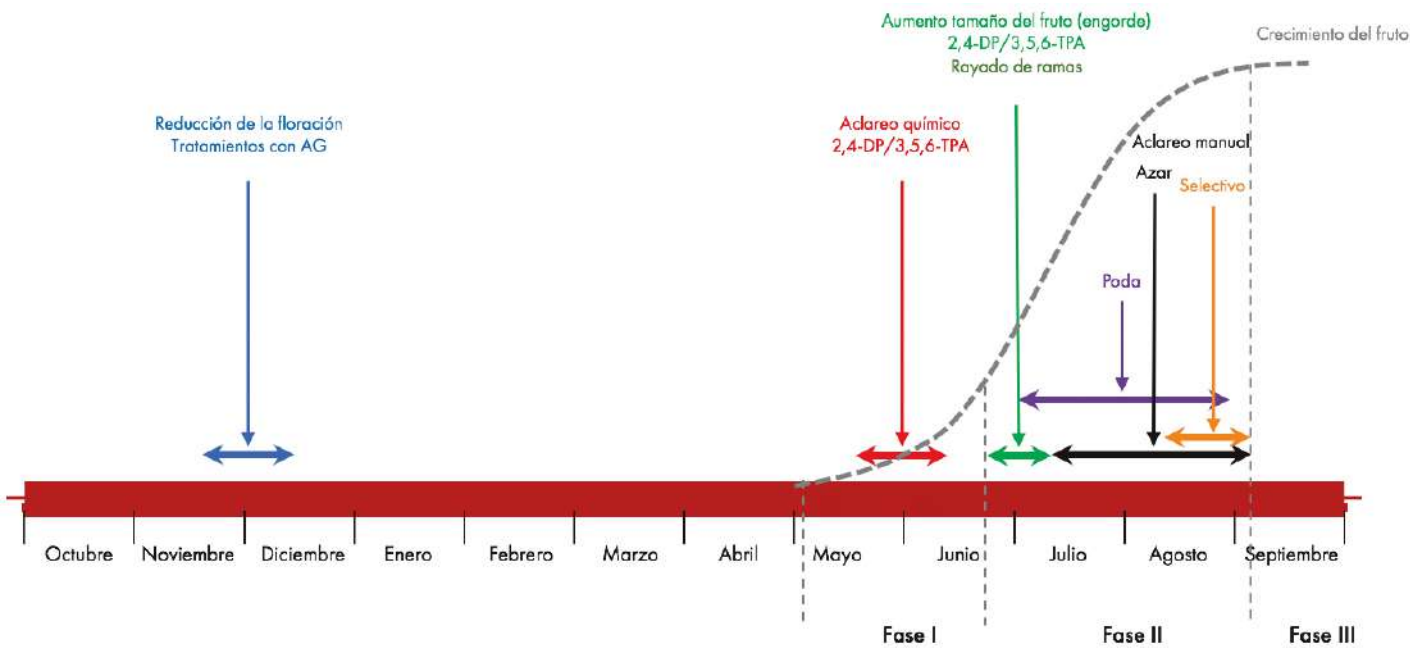


Figura 8. Épocas de tratamientos para aumentar el tamaño de los frutos cítricos. Su relación con el crecimiento del fruto. Las flechas verticales indican el tratamiento a realizar y las horizontales el periodo de tiempo en que debe realizarse.

tenía 17.3 mm de diámetro aumentó el tamaño medio de los frutos de 60 a 64 mm y, en consecuencia, anticipó significativamente la recolección, sin alterar apenas la cosecha; un retraso de 20 días en la aplicación redujo significativamente la eficacia [18]. También en este caso, el volumen de zumo aumentó, pero no su porcentaje en peso; la concentración de ácidos disminuyó significativamente, y en la corteza no se observaron cambios. Concentraciones superiores aumentaron el diámetro medio del fruto recolectado, pero redujeron la cosecha y, en mayor cuantía, la acidez del zumo (**Tabla 3**).

En ocasiones se ha atribuido a estos tratamientos efectos negativos sobre las características internas del fruto. Los cambios que, en ocasiones, se producen en el volumen de zumo y su acidez, se deben exclusivamente al incremento de tamaño que el fruto experimenta.

Superar las concentraciones o volúmenes de aplicación recomendados puede acarrear aclareo de frutos (más intensos para el 3,5,6-TPA), deformación de los frutos, y enrollamiento de las hojas de la brotación de verano, en crecimiento en esa época, pero todo ello de escasa importancia.

Más importante que el efecto citado sobre el diámetro medio de los frutos es la nueva distribución de sus calibres comerciales (**Figura 7**). En general, y a diferencia del aclareo al azar (ver apt. 3.1.1.1), se reduce el número de frutos de calibres más bajos y aumenta el de los frutos de calibres elevados y de mayor valor comercial, sin que el número total de frutos por árbol se vea alterado. Este efecto indica que todos los frutos del árbol ven estimulado su crecimiento por la auxina, independientemente de su tamaño en el momento del tratamiento.

Las características de la parcela y las condiciones climáticas son, asimismo, factores determinantes de la respuesta. Estas sustancias no deben aplicarse cuando la temperatura sea muy elevada, si

hace viento, sobre todo cálido, y en condiciones de sequedad del suelo. La adición de abonos foliares es compatible con los tratamientos, aunque se recomienda no aplicar sustancias ricas en nitrógeno que pueden reducir la calidad final del fruto. La compatibilidad de las auxinas de síntesis con sustancias plaguicidas es variable y depende del tipo de éstas, pero el volumen de caldo que precisa el control de las plagas hace inviable su aplicación conjunta en la mayor parte de los casos [15].

4. RESUMEN

En el esquema de la **Figura 8** se resumen las épocas señaladas como óptimas para realizar los tratamientos descritos. Estas épocas se indican con rangos temporales que pueden ser ligeramente variables con los años y las variedades, y se han superpuesto con la curva teórica de crecimiento del fruto con el fin de situarlas, también, fenológicamente. En el HS hay que tener en cuenta el desfase de 6 meses de las estaciones del año.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Reuther, W. 1973. Climate and citrus behavior. En: The Citrus Industry, Vol. III, W. Reuther (Ed.), Univ. California, Div. Agric. Sci., California, EEUU, pp 280-337

[2] Waynick, D.D. 1928. Factors concerned the growth of Valencia orange. California Citrograph, 13: 200.

[3] González-Sicilia, E. 1968. El cultivo de los agrios, 3ª ed., Ed. Bello, Valencia, España.

[4] Castle, W.S. 1987. Citrus rootstocks. En: Rootstocks for fruit crops, R.C. Rom y R.F. Carlson (Eds.), John Wiley & Sons, N.Y., EEUU, pp 361-399.

[5] Moss, G.I., Steer, B.T. y Kriedemann, P.E. 1972. The regulatory role of inflorescence leaves in fruit setting by sweet orange (*Citrus sinensis*). Physiologia Plantarum, 27: 432-438.

[6] Agustí, M. y Primo-Millo, E. 2020. Flowering and fruit set. En: The Genus Citrus, M. Talón, M. Caruso y F.G. Gmitter Jr. (Eds.), Woodhead Publishing, Duxford, UK, pp 219-244.

[7] Marsh, A.W. 1973. Irrigation En: The Citrus Industry, Vol. III, W. Reuther (ed.), Univ. Calif., Div. Agr. Sci., California, EEUU, pp 230-279.

[8] Zaragoza, S., Trenor, I., Alonso, E., Primo-Millo, E. y Agustí, M. 1992. Treatments to increase the final fruit size on Satsuma 'Clausellina'. Proc. Int. Soc. Citriculture, 2: 725-728

[9] Embleton, T.W., Reitz H.J. y Jones W.W. 1973. Citrus fertilization. En: The Citrus Industry, vol III, W. Reuther (ed.), Univ. Calif., Div. Agr. Sci., California, EEUU, pp 122-182

[10] Primo-Millo, E. y Legaz, F. 1983a. Fertilización N-P-K, 1ª Parte. Levante Agrícola, 245: 39-59.

[11] Primo-Millo, E. y Legaz, F. 1983b. Fertilización N-P-K, 2ª Parte. Levante Agrícola, 246: 104-118.

[12] Chapman, H.D. y Rayner, D.S. 1951. Effects of various maintained levels of phosphate on the growth, yield, composition and quality of Washington navel oranges. Hilgardia, 20: 325-358.

[13] Jones, W.W., Embleton, T.W. y Steinacker, M.L. 1957. Nitrogen fertilizers as related to orange quality and yield. California Citrograph, 43: 3-12.

[14] Guardiola, J.L. y Agustí, M. 1984. El diagnóstico foliar en los agrios. Un análisis crítico. Levante Agrícola, 249/250: 16-50.

[15] Agustí Martínez-fuentes, A., Mesejo, C., Juan, M. y Almela, V. 2003. Cuajado y desarrollo de los frutos cítricos. Generalitat Valenciana, Serie Divulgación técnica, nº 55.

[16] Cohen, A. 1984. Citrus fruit enlargement by means of summer girdling. J. Hort. Sci., 59: 119-125.

[17] Rivas, F., Gravina, A. y Agustí, M. 2007. Girdling effects on fruit set and quantum yield efficiency of PSII in two Citrus cultivars. Tree Physiology, 27: 527-535.

[18] García-Lidón, A., Sánchez-Baños, M., Espinosa, A., García-Legaz, M.F. y Porras, I. 1993. Engorde frutos en limón 'Fino' mediante la auxina de síntesis 3,5,6-TPA. Aclareo químico, efectos sobre el tamaño y calidad del fruto. Levante Agrícola, 2º Trimestre, 123-126.